

原始地球では、大気中には酸素はほとんどなかったと考えられています。では、現在の大气中の酸素は、どのようにしてできたのでしょうか。今回取り上げたストロマトライトを形成するシアノバクテリアは、約 30 億年前から酸素を作り続け、地球に酸素を供給しています。こうした生物のおかげでオゾン層が形成され、有害な紫外線が地上に届かなくなり、陸上生物の繁栄がもたらされたのです。オゾンホールが問題になっている今、この恩恵を無にしないよう、考えたいものです。

## NEWS nature news

語数：444 words 分野：古生物学・進化学・古環境学・地球

Published online 17 September 2009 | Nature | doi:10.1038/news.2009.924

<http://www.nature.com/news/2009/090917/full/news.2009.924.html>

# High window on the past

Microbiologists find living stromatolites in the Andes.

Ana Belluscio

- For billions of years life on Earth was dominated by stromatolites, collections of photosynthetic microorganisms and calcareous concretions that formed dome-like lumps in shallow waters. Now, in a rare find, Argentinian scientists have discovered stromatolites forming today in super-salty lakes high in the Andes.
- The extreme conditions in which these stromatolites live might resemble early Earth and help shed light on the geochemical cycles that marked early life on the planet, researchers say. Fossil stromatolites are common, but living stromatolites occur in only a few areas, mostly in shallow seas, as at Shark Bay in western Australia. The Argentinian find is unusual because it is in a closed lake and at such a high altitude.
- A team led by María Eugenia Farías, a microbiologist at the National Scientific and Technical Research Council (CONICET-PROIMI) in Tucumán, Argentina, found the stromatolites on field expeditions in February and August this year. The lakes, known as the Socompa and Tolar Grande lagoons, are located in the arid plateau of the central Andes in the province of Salta, more than 3,600 metres above sea level.
- In the lakes, where salt levels are more than 135 parts per million and nitrate levels are high, the stromatolites have no competition for nutrients and can thrive. The high elevation means that there is relatively little oxygen in the atmosphere, and levels of ultraviolet radiation can be 165% that of sea level. "This environment is similar to the one in which stromatolites originally developed," says Farías.
- Her preliminary results show that the Socompa lagoon has a pH of 8.5, and its stromatolites contain diatoms and cyanobacteria. Tolar Grande is more acidic, at pH 5, and its stromatolites contain a narrower range of diatom species, along with archaea and gamma-proteobacteria.
- Stromatolites are not only an important window onto the past; they can also provide clues as to how organisms might cope today, the researchers say. Ancient DNA-repair mechanisms reflect how microbes dealt with ultraviolet exposure, says Valeria Souza, a researcher at the National Autonomous University of Mexico in Mexico City, who in 2000 discovered living stromatolites in springs in the Chihuahuan desert in northern Mexico. The Andean stromatolites, she says, "have maintained their archaic repair mechanism".
- Farías's group is continuing to analyse the species composition of the Andean stromatolites, and has asked the national and local government to help prevent further contamination of the area.
- One of the ponds at Tolar Grande is already contaminated, possibly from sewage from local villages, and stromatolites have died. Water from the Socompa lagoon is being diverted over the border to Chile for mining. Authorities are in the process of closing the area to the public.

#### References

1. Cabrol, N. A. et al. *J. Geophys. Res.* doi:10.1029/2008JG000818 (in the press).



シャーク湾ハメリンプール（オーストラリア）にはたくさんの現生ストロマトライトがある。

## TOPICS

## ストロマトライト (Stromatolite) とは?

ストロマトライトは、シアノバクテリア (光合成を行って酸素を産生する細菌) が水中で作り上げた、層状の葉理構造をもつドーム状または柱状の堆積構造物。次のようにして形成される。まず、シアノバクテリアが砂などの表面に付着して、日中、光合成を行う。夜になると、光合成を停止して、粘液により堆積物を海中の炭酸カルシウムとともに固定する。これが毎日繰り返され、薄い層状構造が形成され、やがてドーム状となる。ドームの成長は1年に0.4mm程度である。現在、最古といわれるストロマトライトの化石は約27億年前のもので、このころから約5億5000万年前まで太古の海に広く生息し、さかんに酸素を放出していたと考えられている。生成された酸素は、海水中の鉄分と結合して酸化鉄となり、現在の鉄鉱床が形成された。やがて、飽和状態になった酸素が大気中に放出され、大気に酸素が蓄積していった。ただし、その濃度は2%程度で、その後の植物の大繁栄によって、オゾン層が形成され、現在の大气中の酸素組成になったと推測される。



© JANE GOULD/ALAMY

現生ストロマトライトは、オーストラリア西海岸シャーク湾のハメリンプール (写真) のものが有名である。このほか、メキシコのクアトロシエネガスの泉にもあるが、どれも砂漠に囲まれた閉鎖された水域で、塩分濃度が非常に高い。こうした環境が太古の海と似ているため、現在まで生き残ったと考えられている。今回、新たにアンデス山中の塩湖でも発見された。

## SCIENCE KEY WORDS

- 1. photosynthetic microorganism(s): 光合成微生物**  
ここでは広義の光合成細菌と同義で使用されている。広義ではシアノバクテリアも含むが、通常、それを除いた酸素非発生の光合成を行う細菌をさす。
- 1. calcareous: 石灰質の**  
石灰とは酸化カルシウムのことで、広義には、炭酸カルシウムや水酸化カルシウムを含む。
- 1. concretion(s): 凝固物、結石**  
結石は、腎臓や膀胱、胆嚢などの臓器にできる石のこと。ここでは、単に塊の意。
- 2. extreme condition(s): 極限条件**  
活火山の火山口、南極や北極、深海、宇宙空間など、高温、極低温、高圧力、低酸素、高塩濃度、強酸性、強アルカリ性などの環境条件。
- 2. geochemical cycle(s): 地球化学的循環**  
地球内部や大気を含む地球表面において、元素や化学物質が変化・循環すること。鉱物などの分離生成作用、炭素循環や水循環など。生物活動も含める場合、特に生物地球化学的循環とよぶこともある。
- 2. closed lake: 閉塞湖**  
河川や海といった、水の流出口をもたない湖。
- 4. parts per million: ppm (ピーピーエム)**  
100万分の1という単位。主に濃度を表す。
- 4. nitrate: 硝酸塩**  
硝酸イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) の化合物。この化合物のほとんどは水溶性。硝酸アンモニウムや硝酸カリウムは肥料として用いられる。これらが土壌から流出して、周辺水域の富栄養化の一因となる。
- 5. pH: 水素イオン指数、ピーエイチ**  
水溶液の酸性、アルカリ性を規定する数値。pH = -log<sub>10</sub>aH<sup>+</sup> で算出される (aH<sup>+</sup> は水素イオン活量。希薄水溶液では、水素イオン濃度にほぼ等しい。) pH7 (水素イオン活量は 10<sup>-7</sup>) は中性で、それより小

い pH 値は酸性、大きい pH 値はアルカリ性。

- 5. diatom(s): 珪藻類**  
単細胞で、細胞内に葉緑体をもつ植物 (藻類)。単体のほか、群体を形成するものもある。細胞壁が高度にケイ酸化されて被殻となっており、その表面には細かい孔が模様のようにたくさんある。強アルカリ性、強酸性、高塩濃度、極地環境で生息できるものもある。
- 5. cyanobacteria: シアノバクテリア**  
かつては藍藻とよばれていた、酸素発生型の光合成を行う細菌 (真正細菌)。単細胞単体のもの、群体を形成したもの、糸状になって細胞連鎖体を形成したものがある。海や河川に広く生息し、70℃を超える温泉や極地、高塩濃度で生息できるものもある。
- 5. acidic: 酸性の**  
H<sup>+</sup> を与える (電子を受け取る) 化学物質を酸といい、酸としての性質を酸性という。一般に、水溶液の液性をさすことが多い。
- 5. archaea: 古細菌**  
細胞膜がエーテル脂質 (真正細菌や真核生物はエステル脂質) で構成されている生物群。真正細菌 (いわゆる細菌) より、我々ヒトの属する真核生物に進化的に近いといわれる。好熱菌、高度好塩菌、好酸菌、メタン生成菌などがある。これらの中には、100℃以上の熱水や飽和食塩水、pH0 などでも生息できるものがある。
- 5. gamma-proteobacteria: ガンマプロテオバクテリア**  
真正細菌の分類群プロテオバクテリア門の下にある、分類網の1つ。サルモネラ、ピブリオ、レジオネラ、緑膿菌など、非常に多くの病原菌がこの綱に含まれている。
- 6. DNA-repair mechanism(s): DNA 修復機構**  
DNA は紫外線や化学物質によって、絶えず損傷を受けている。そのままにしておくと、複製・転写の際に間違った情報がコピーされてしまい、不都合である (ヒトではがんなどの疾患につながる)。それを防ぐために、生物には障害を受けた DNA を修復する機構が存在している。

## WORDS AND PHRASES

- 1. dominate(d): 「を支配する」、「の大半を占める」**
- 1. lump(s): 「塊」**
- 1. shallow water(s): 「浅瀬」、「浅水域」、「浅海域」**
- 1. rare find: 「掘り出し物」、「非常に珍しい発見」**
- 2. help shed light on (upon) ~: 「~の解明に役立つ」、「光明を投じる」**
- 2. marked ~: 「~を特徴づける」**
- 2. altitude: 「高度」**
- 3. lagoon(s): 「潟湖」、「礁湖」、「小さな湖」**
- 3. arid: 「乾燥した」**
- 3. plateau: 「高原」**
- 3. province: 「州」、「地域」**
- 4. nutrient(s): 「栄養素」**
- 4. thrive: 「繁殖する」**
- 4. elevation: 「高度」**
- 5. preliminary results: 「速報結果」、「予備研究 (実験) の結果」**
- 6. provide clues as to ~: 「~に関する手がかりを与える」**
- 6. cope: 「対処する」、「生き延びる」**
- 6. archaic: 「古い起源をもつ」、「進化的に古い」**
- 8. contaminate(d): 「汚染する」**
- 8. sewage: 「下水」**
- 8. divert(ed): 「(方向) 転換する」、「流用する」、「かわす」**
- 8. mining: 「採鉱」**

## 参考訳

## 太古の地球環境に光を当てる高窓

アルゼンチンの微生物学者チームが、アンデス地方で現生ストロマトライトを発見した。  
アナ・バルッシオ



ストロマトライトの化石は、世界各地で見られる。写真は、英国ドーセットで撮影。

© PETERBARRITT/ALAMY

- かつて地球上では、ストロマトライトという生物が優勢だった時代が数十億年も続いていた。ストロマトライトは浅海域に形成されるドームのような塊で、光合成微生物と石灰質団塊が集合したものである。今回、アルゼンチンの科学者が貴重な発見をした。アンデス地方の高地にある塩濃度の極めて高い湖で、現在も形成されつつあるストロマトライトを見つけたのだ。
- 研究者らは、こうしたストロマトライトが生息する極限条件は初期の地球に似ている可能性があり、地球上の初期生物を特徴づけた地球化学的循環の解明に役立つかもしれないという。化石ストロマトライトは広く見られるが、現生ストロマトライトが形成されている地域はわずかで、そのほとんどがオーストラリア西部のシャーク湾のような浅海域だ。今回のアルゼンチンでの発見は、その場所が閉塞湖で、高度も非常に高い点で異例である。
- 国家科学技術研究会議（CONICET-PROIMI、アルゼンチン・トゥクマン州）の微生物学者 María Eugenia Farías をリーダーとする研究チームは、今年の2月と8月に実施した野外調査でストロマトライトを発見した。（発見場所となった）ソコンパとトラルグランデにある小さな湖は、アンデス中央部のサルタ州の乾燥した高原にあり、海拔は3600メートルを超えている。
- 極限環境**  
これらの湖の塩濃度は135ppm以上で、硝酸塩濃度も高いため、ストロマトライトは栄養素をめぐる競争をせずに繁殖できる。また、高度が高いため、大気中の酸素濃度は比較的低く、紫外線放射量は海面の165%に達しうる。「この環境は、ストロマトライトが進化してきた時代の環境に似ています」と Farías はいう。
- Farías たちの予備研究の結果では、ソコンパ湖の pH 値は8.5で、そのストロマトライトにはケイ藻類とシアノバクテリアが含まれていることが示されている。トラルグランデの湖は、pH 値が5で酸性度が高く、そのストロマトライトには、ソコンパ湖よりも少ない種類のケイ藻類のほか、古細菌とガンマプロテオバクテリアが含まれている。
- 研究者らは、ストロマトライトは太古の時代に光を当てる重要な窓となるだけでなく、生物が現代を生き延びるしくみを解明する手がかりにもなると指摘する。メキシコ国立自治大学（メキシコ市）の研究者で、2000年にメキシコ北部のチワワ砂漠の複数の泉でストロマトライトを発見した Valeria Souza は、古い DNA 修復機構には、当時の微生物の紫外線暴露への対処法が反映されていると説明する。つまり、アンデス地方のストロマトライトには「太古の修復機構が保存されている」のだ。
- Farías の研究グループは、アンデス地方のストロマトライトの種構成の解析を続けており、国と地方自治体に対しては、この地域のさらなる汚染を食い止めるための協力を要請した。
- 既に、トラルグランデにある小さな湖の1つでは、地元の村からの下水が原因と考えられる汚染により、ストロマトライトが死滅している。また、ソコンパ湖の水は、採鉱のために隣国のチリに流されている。当局は現在、この地域を一般者立ち入り禁止にするための措置を進めている。

（菊川要 訳）